

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-182343

(P2000-182343A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

1

(51) Int.Cl.  
G 11 B 21/10

識別記号

F I  
G 11 B 21/10

マークド (参考)  
V 5 D 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-359097  
(22) 出願日 平成10年12月17日 (1998.12.17)

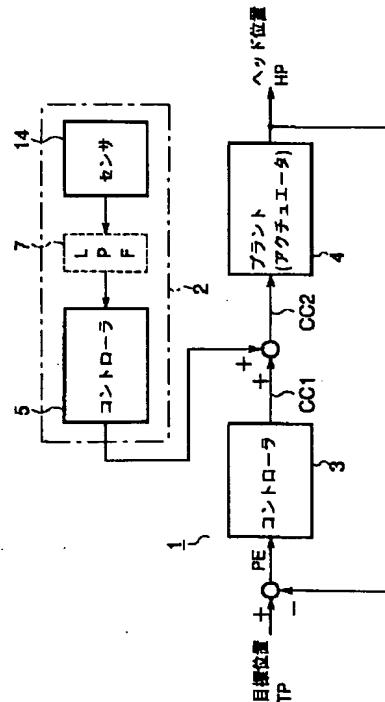
(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
(72) 発明者 北川 勝喜  
東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会  
社東芝青梅工場内  
(74) 代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)  
Fターム(参考) 5D096 VV03

(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置及び同装置に適用するヘッド位置決め制御システム

(57) 【要約】

【課題】 ヘッド位置決め制御システムにおいて、衝撃外乱に伴って励起される回転軸方向のディスク変位によるヘッド位置決め誤差を抑制できる補償機能を実現することにある。

【解決手段】 ヘッド位置決め制御システムを備えた磁気ディスク装置において、ディスク上の目標位置TPとヘッドの絶対位置HPとの位置誤差に基づいてアクチュエータ4を駆動制御するフィードバック制御系1と補償機能を有するフィードフォワード制御系2とを組み合わせたシステムである。フィードフォワード制御系2は、加速度センサ1~4により検出された衝撃外乱に伴う回転軸方向の加速度に基づいて、ディスクの傾きに伴うヘッドとの相対位置に関する変位(トラック変位)を補償処理するための補償値を算出するコントローラ5を有する。



移動させるアクチュエータ手段と、

衝撃外乱により励起される前記ディスク記憶媒体の回転軸方向での変位を検出するためのセンサ手段と、

前記ディスク記憶媒体上の目標位置と前記ヘッドの絶対位置との位置誤差に基づいて、前記アクチュエータ手段を駆動制御するための制御手段と、

前記センサ手段により検出された前記ディスク記憶媒体の回転軸方向の変位を2回微分演算し、当該演算結果に応じた前記補償値を算出して前記制御値に加算する第2の制御手段とを具備したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】  
【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハードディスクドライブなどの磁気ディスク装置に関し、特に衝撃外乱に対する補償機能を有するヘッド位置決め制御システムに関する。

【0002】  
【従来の技術】従来、ハードディスクドライブ(HDD)には、ヘッドをディスク記憶媒体(以下単にディスクと呼ぶ)上の目標位置(アクセス対象のトラック)に位置決め制御するためのヘッド位置決め制御システムが組み込まれている。ディスクはスピンドルモータに固定されて、高速回転している。ヘッドは、通常ではロータリ型アクチュエータ(キャリッジ)に支持されて、ボイスコイルモータ(VCM)の駆動力によりディスクの半径方向に移動するように構成されている。

【0003】ヘッド位置決め制御システムは、マイクロプロセッサからなるHDDのメイン制御装置(以下CPUと呼ぶ)を主構成要素とし、前記のアクチュエータを駆動制御してヘッドを目標位置に位置決め制御する。同システムは、ヘッドの絶対位置(現在位置)をフィードバックして、当該絶対位置と目標位置との位置誤差を算出して、この位置誤差を解消するようにVCMに供給する電流を制御するフィードバック制御系から構成されている。

【0004】ところで、特に小型のHDDは、携帯型のノート型パソコンなどに搭載されるために、外部から振動や衝撃(以下衝撃外乱と総称する)を受けやすい環境にある。衝撃外乱を受けた場合には、ヘッド・ディスク・アセンブリ(HDA:ヘッドとディスクとを組み込んだ機構)において、特にディスク及びアクチュエータに対して衝撃による加速度が発生して、ヘッドの位置決め制御の精度に影響する。即ち、HDAにおいて、ディスク面内の加速度や角加速度が発生した場合、アクチュエータには加速度や角加速度に比例した慣性力が作用し、ヘッドの位置決め誤差を引き起こす原因となる。

【0005】従来のシステムには、衝撃外乱に伴ってア

【特許請求の範囲】

【請求項1】ディスク記憶媒体を回転させるディスク回転手段と、

前記ディスク記憶媒体上にデータのリード/ライトを行うためのヘッドを、前記ディスク記憶媒体の半径方向に移動させるアクチュエータ手段と、

衝撃外乱により前記ディスク回転手段に励起される回転軸方向の加速度を検出するためのセンサ手段と、

前記ディスク記憶媒体上の目標位置と前記ヘッドの絶対位置との位置誤差に基づいて前記アクチュエータ手段を駆動制御し、前記センサ手段により検出された回転軸方向の加速度に伴う前記ヘッドの位置決め誤差を抑制するための補償処理を実行する制御手段とを具備したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項2】前記制御手段は、前記位置誤差に基づいて前記アクチュエータ手段を駆動制御するための制御値を算出するフィードバック制御手段と、

前記センサ手段により検出された回転軸方向の加速度に応じて前記ディスク記憶媒体に励起された傾きに伴う前記ヘッドの位置決め誤差を補償するための補償値を算出し、当該補償値を前記制御値に加算するフィードフォワード制御手段とを備えていることを特徴とする請求項1記載の磁気ディスク装置。

【請求項3】回転しているディスク記憶媒体上に対して、ヘッドによりデータのリード/ライトを行う磁気ディスク装置に適用するヘッド位置決め制御装置であつて、

前記ヘッドを前記ディスク記憶媒体の半径方向に移動させるアクチュエータ手段と、

衝撃外乱により励起される回転軸方向の振動に伴う加速度を検出するためのセンサ手段と、

前記ディスク記憶媒体上の目標位置と前記ヘッドの絶対位置との位置誤差に基づいて、前記アクチュエータ手段を駆動制御するための制御値を算出する第1の制御手段と、

前記センサ手段により検出された回転軸方向の加速度に応じた前記ディスク記憶媒体と前記ヘッドとの相対位置に関する変位に伴う位置決め誤差を抑制するための補償値を算出し、当該補償値を前記制御値に加算する第2の制御手段とを具備したことを特徴とするヘッド位置決め制御システム。

【請求項4】前記第2の制御手段は、前記センサ手段により検出された回転軸方向の加速度値に比例する前記ディスク記憶媒体の変位を2回微分演算し、当該演算結果に応じた前記補償値を算出する手段を有する特徴とする請求項3記載のヘッド位置決め制御システム。

【請求項5】ディスク記憶媒体を回転させるディスク回転手段と、

前記ディスク記憶媒体上にデータのリード/ライトを行うためのヘッドを、前記ディスク記憶媒体の半径方向に

クチュエータに作用する慣性力を打ち消すような力（加速度）を発生させて、ヘッドの位置決め誤差を抑制する補償機能が設けられている。この補償機能は、HDAにおけるディスク面内の角加速度またはヘッドのシーク方向（移動方向）の加速度を検出する加速度センサを利用していている。

【0006】一般的に、HDAのアクチュエータでは、シーク方向以外の自由度は軸受手段により拘束されているため、ディスク面外の加速度運動により作用する慣性力は前記のヘッド位置決め誤差を引き起こす原因にはならない。また、ディスクもボールベアリングを介して基台（HDDの筐体）に支持されて、回転方向以外の自由度は拘束されている。しかし、軸受部の剛性と回転部分の質量とにより決定される周波数特性において、ディスクの回転軸が傾斜するように変形するモード（ロッキングモード）の機械的共振が存在する。このような変形が大きい場合には、ヘッドの位置決め誤差を引き起こす原因となる。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、特に小型のHDDは、衝撃外乱を受け易い環境で駆動する可能性が高い。このため、従来では、ディスク面内の加速度運動に伴うアクチュエータの慣性力を解消するような補償機能がヘッド位置決め制御システムに設けられている。しかしながら、衝撃外乱によりディスクの回転軸方向に振動（加速度）が発生した場合に、ディスクの回転軸が傾斜するように変形するロッキングモード（即ち、回転軸方向へのディスク変位）が励起されて、ヘッドの位置決め誤差を引き起こす原因となる。特に、小型のHDDでは基台の肉厚が薄く、スピンドルモータの回転軸の倒れ剛性が低下しているため、衝撃外乱に伴うディスク変位が励起されて、ヘッド位置決め制御の精度が低下する現象が発生しやすい。

【0008】そこで、本発明の目的は、ヘッド位置決め制御システムにおいて、衝撃外乱に伴って励起される回転軸方向のディスク変位によるヘッド位置決め誤差を抑制できる補償機能を実現することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、ヘッド位置決め制御システムを備えた磁気ディスク装置において、衝撃外乱により励起されるディスク回転軸方向のディスク変位（ディスクの傾き）に伴うヘッド位置決め誤差を抑制できる補償機能を備えたヘッド位置決め制御システムに関する。具体的には、本システムは、例えば装置の基台に配置されて、衝撃外乱により前記ディスク回転手段に励起される回転軸方向の加速度を検出するためのセンサ手段を有する。本システムは、当該センサ手段により検出された回転軸方向の加速度に基づいて、ディスクの傾きに伴うヘッドとの相対位置に関する変位（トラック変位）を補償処理するための補償値を算出する第2の制

御手段を有する。本システムの第1の制御手段は、ディスク記憶媒体上の目標位置と前記ヘッドの絶対位置との位置誤差に基づいてアクチュエータ手段を駆動制御するための制御値を算出し、第2の制御手段により算出された補償値を制御値に加算して出力する。

【0010】このような構成により、磁気ディスク装置のHDAが衝撃外乱の影響を受けた場合に、ディスク回転軸方向に発生する加速度に伴うディスク変位（ディスクの傾き）を検出して、このディスク変位によるヘッド位置決め誤差を解消するような補償値を算出する。従つて、ヘッド位置決め制御システムは、第1の制御手段によりヘッドをディスク記憶媒体上の目標位置に位置決め制御しているときに、衝撃外乱により回転軸方向のディスク変位が発生しても、当該ディスク変位に伴う位置決め誤差を抑制するような補償処理を第2の制御手段により実行できる。

【0011】第2の制御手段は具体例としては、センサ手段により検出された回転軸方向の加速度値に比例するディスク記憶媒体の変位を2回微分演算し、当該演算結果に応じた補償値を算出する手段を有する。また、第1の制御手段は、位置誤差に応じた制御値と補償値とを加算した加算結果を電流値に変換して、アクチュエータを駆動するためのモータを駆動する。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0013】図1は本実施形態に関係するヘッド位置決め制御システムの概念を示すブロック図であり、図2及び図3は同実施形態に適用するHDDの要部を示すブロック図である。

（HDDの構成）本実施形態のヘッド位置決め制御システムは、図1に示すように、フィードバック制御系1とフィードフォワード制御系2とを組み合わせた構成である（詳細は後述する）。本実施形態は特にHDDに適用した場合を想定する。

【0014】HDDは、図2に示すように、大別してディスク10及びヘッド20を含むHDAと、CPU12を主要素とする制御回路系とからなる。HDAでは、ディスク10はスピンドルモータ（SPM）30に固定されて、高速回転するように構成されている。また、ヘッド20はアクチュエータ21に支持されて、ディスク10上を微小間隔で浮上した状態で半径方向に移動（シーク）するように構成されている。アクチュエータ21は、ボイスコイルモータ（VCM）22によりディスク10の半径方向に駆動されるロータリ型である。

【0015】ディスク10上は、同心円状の多数のトラック（シリンドラ）が構成されている。各トラックには、円周方向に所定の間隔でサーボエリア10Bが配置されている。サーボエリア10Bには、ヘッド位置決め制御に必要なサーボデータが記録されている。また、各トラ

ックのサーボエリア10B間には、データエリア10Aが配置されている。各データエリア10Aは、ヘッド20によりリード／ライトされるユーザデータの記録エリアである。

【0016】制御回路系は、図示しない回路基板(PCB)上に実装されており、リードチャネル11と、CPU12と、VCMドライバ13とを有する。リードチャネル11は、ヘッド20によりリード／ライトされるデータ信号を処理するLSIである。リードチャネル11は、同実施形態に関係するサーボデータをデジタル信号に再生処理してCPU12に出力する。CPU12は、マイクロプロセッサ、メモリ及びメモリに格納されたプログラムからなるシステム(マイクロコントローラ)を総称している。CPU12は、後述するように、同実施形態のヘッド位置決め制御システムのコントローラ(図1に示す3, 5)の構成要素である。VCMドライバ13は、CPU12の制御(デジタルの制御値)に応じてVCM22を駆動するための電流を出力する。このVCMドライバ13を含むアクチュエータ21は、同実施形態に関係するヘッド位置決め制御システムのプラント(制御対象)に相当する(図1を参照)。

【0017】さらに、同実施形態では、回路基板上に実装された制御回路系として、加速度センサ14及びA/Dコンバータ15が含まれている。加速度センサ14は、衝撃外乱により励起されるスピンドルモータ30の回転軸方向の加速度(振動)を検出する。A/Dコンバータ15は、加速度センサ14からの検出信号をデジタル信号に変換してCPU12に出力する。CPU12は、後述するように、加速度センサ14からの検出結果に基づいて、ヘッド位置決め制御処理時に衝撃外乱に伴う位置決め誤差を解消するような補償処理を実行する。

【0018】更に、HDDは、図3に示すように、アクチュエータ21には、ディスク10の両面に対してそれぞれヘッド20が搭載されている。また、ヘッド20は、ディスク10からデータを再生するためのリードヘッド20Aと、ディスク10にデータを記録するためのライトヘッド20Bとからなる。ディスク10上のサーボエリア10Bからは、リードヘッド20Aによりサーボデータが読出される。

【0019】制御回路系には、図2に示す各要素以外に、プリアンプ機能のヘッドアンプ回路40が存在する。ヘッドアンプ回路40は、リード／ライト信号の増幅機能と共に、ヘッド20のセレクト機能を有する。更に近年では、VCMドライバ13は、スピンドルモータ30に電流を供給するためのSPMドライバと共に、集積化されたドライバ130に含まれている。

(ヘッド位置決め制御システム) 以上のHDDに適用する同実施形態のヘッド位置決め制御システムは、図1に示すように、通常のフィードバック制御系1に、いわばフィードフォワード制御系2を付加した構成である。

【0020】フィードバック制御系1では、コントローラ3は、ディスク10の目標位置(アクセス対象のトラック)TPとヘッド20の絶対位置HPとの位置誤差PEを入力して、当該位置誤差PEを解消するような制御値(実際には電流に変換した制御量となる)CC1を算出する。この制御値CC1に応じて、プラント4(具体的にはアクチュエータ21)が駆動制御されることにより、ヘッド20の位置調整がなされて、コントローラ3には更新された位置誤差PEが入力される。このようなフィードバック制御により、ヘッド20は目標位置TPまで到達することができる。

【0021】ここで、HDDに対して衝撃外乱が影響した場合に、特にディスク10の回転軸方向に加速度が発生すると、ディスク変位(ディスクの傾き)が励起されて、ディスク面上のヘッド20の相対位置に変位(トラック変位)が発生する。このような場合、前述のフィードバック制御系1では、コントローラ3に入力されるヘッド20の絶対位置HPが変動するため、位置誤差PEが大きく変動し、結果的に位置決め制御の精度が低下する。そこで、同実施形態は、フィードフォワード制御系2により位置決め誤差を抑制するような補償値を算出する補償機能を実現する。具体的には、フィードフォワード制御系2は、加速度センサ14及びコントローラ5からなる。コントローラ5は、実際には前述のCPU12の制御動作に含まれており、前記の補償値を算出してコントローラ3からの制御値に加算する。なお、電気的ノイズや高次の機械共振による影響を除去するために、加速度センサ14とコントローラ5との間には、ローパスフィルタ(LPF)7をも受けることが望ましい。

(システムの動作) 以下図1と共に図4を参照して、同実施形態のヘッド位置決め制御動作を説明する。

【0022】まず、HDDの駆動時に衝撃外乱が加わると、図4に示すように、スピンドルモータの回転軸30の方向(ディスク回転軸方向Z)に加速度(振動)が励起されて、ディスク10が傾くような変形モード100が発生することが推定される。一般的に、HDDの基台400の剛性、ディスク回転部分の質量や軸受の剛性、または回転軸300の剛性などにより決定される周波数において、ディスク回転軸が傾くようなモードの機械共振が存在している。このような要因から、衝撃外乱による回転軸方向Zの振動の発生に伴って、ディスク10の回転中心が半径方向に偏心するディスク変位のために、ディスクとヘッドとの相対位置に変位(トラック変位)が発生する。この場合、通常のフィードバック制御系1のコントローラ3だけでは、ディスクのトラックに対してヘッド20は追従できずに、大きな位置決め誤差が発生する。

【0023】そこで、同実施形態のフィードフォワード制御系2により、衝撃外乱に伴うディスク回転軸方向の加速度を検出し、この加速度に比例する前記トラック変

位を解消するような逆の変位を発生させるようにアクチュエータを制御する。これにより、トラック変位に応じた位置決め誤差を抑制する。具体的には、フィードフォワード制御系2のコントローラ5は、加速度センサ14により検出された加速度値に比例するトラック変位を推定し、このトラック変位を時間的に2回微分して得られる加速度値に相当する補償値を算出する。要するに、コントローラ5の伝達特性は、「 $K s^2$  ( $K$ は定数ゲイン)」として記述できる。

【0024】フィードバック制御系1では、コントローラ3は、前述したように、ディスク10の目標位置(アクセス対象のトラック)TPとヘッド20の絶対位置HPとの位置誤差PEに応じた制御値CC1を算出する。このとき、前記の衝撃外乱の影響がある場合、フィードフォワード制御系2のコントローラ5により算出された補償値と当該制御値CC1とが加算された制御値CC2が、アクチュエータ21を駆動制御するための電流値に変換される。従って、通常の制御値CC1に補償値を含む制御値CC2に基づいた加速度により、アクチュエータ21は駆動制御されるため、衝撃外乱によるヘッド20の位置決め誤差を抑制することが可能となる。

【0025】なお、ディスク回転軸が傾くモードの機械共振周波数より低い帯域では加速度とディスク変位とはほぼ比例しているが、帯域が共振周波数の近傍になると、当該比例関係は必ずしも成立しない。そこで、コントローラ5の伝達特性を、HDAにおけるディスク回転軸方向の加速度と変位との間の機械的な伝達特性に一致させることで、前述と同様の作用効果を得ることができる。また、ヘッド位置決め制御システムの特性において、ディスク回転軸方向の振動に特に弱い帯域を限定し、加速度センサ14の出力を限定された帯域を通過させるバンドパスフィルタを使用することも効果的である。この場合、コントローラ5には、伝達特性「 $K s^2$  ( $K$ は定数ゲイン)」と位相を調整する特性が必要となる。

【0026】また、図4から明白であるように、ディスク回転軸300が傾くモードの変形によるトラック偏心量は、ディスク面により異なる。従って、ヘッド毎に、コントローラ5の特性を変更させることが望ましい。但し、その場合の変更は、ゲインの調整により実現できるため、ヘッド毎に最適のゲインを設定すればよい。更に、トラック位置に応じてコントローラ5の最適ゲインが変動することもある。このため、例えば全トラックを数エリアに分割し、各エリアで最適のゲインを使用したり、ゲインをトラック位置の関数として変化させる方法でもよい。

(変形例) 図5は同実施形態の変形例を示す概念図である。

【0027】同実施形態は、前述したように、衝撃外乱によるディスク10の傾きを検出するための手段とし

て、回路基板上に実装した加速度センサ14を想定している。本変形例は、図5に示すように、基台400上に配置した非接触型の変位センサ(具体的には光センサ)50を使用する方式である。

【0028】変位センサ50は、HDDに加えられた衝撃外乱により発生するディスク10の回転軸方向Zの傾き(変形モード)を検出する。ここでは、3枚のディスク10がスピンドルモータ30に固定されている場合を想定している。このような変位センサ50を使用した場合でも、システムのコントローラ5は、検出された変位とヘッドのトラック偏心量との比例関係を利用して、同実施形態と同様の補償値を算出する。従って、コントローラ5の伝達特性は、同実施形態と同様に、「 $K s^2$  ( $K$ は定数ゲイン)」である。

【0029】また、本変形例において、変位センサ50の代わりとして、レーザドップラ振動計のような非接触型速度センサを使用してもよい。但し、当該センサを使用した場合には、ディスク10の変位ではなく、基台400に対する速度を検出することになるため、コントローラ5の伝達特性は、「 $K s$  ( $K$ は定数ゲイン)」となる。

### 【0030】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、衝撃外乱によりディスクの回転軸方向に発生する振動(加速度)を要因とするヘッド位置決め誤差を抑制できることにより、ヘッド位置決め制御の精度を向上させることができるとなる。本発明により耐環境性の優れたヘッド位置決め制御システムを実現できるため、特に衝撃外乱を受け易い環境で駆動する可能性が高い小型の磁気ディスク装置に適用すれば有用である。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に関するヘッド位置決め制御システムの概念を示すブロック図。

【図2】同実施形態に適用するHDDの要部を示すブロック図。

【図3】同実施形態に適用するHDDの要部を示すブロック図。

【図4】同実施形態の衝撃外乱によるディスク回転軸の偏心を示す模式図。

【図5】同実施形態の変形例に関する概念図。

### 【符号の説明】

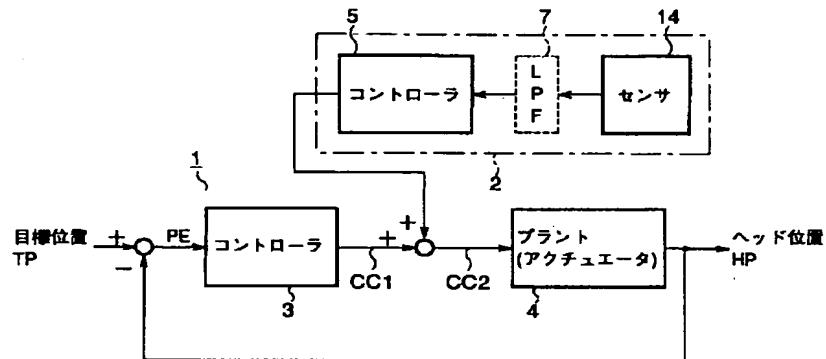
- 1…フィードバック制御系
- 2…フィードフォワード制御系
- 3…コントローラ(CPU)
- 4…プラント(アクチュエータ)
- 5…コントローラ(CPU)
- 7…ローパスフィルタ(LPF)
- 10…ディスク
- 11…リードチャネル
- 12…CPU

1 3 … VCM ドライバ  
1 4 … 加速度センサ  
1 5 … A/D コンバータ  
2 0 … ヘッド  
2 1 … アクチュエータ

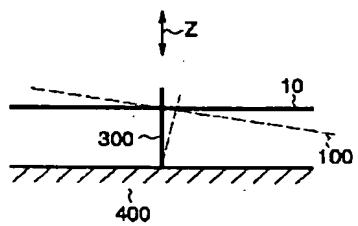
2 2 … ボイスコイルモータ (VCM)  
3 0 … スピンドルモータ (SPM)  
4 0 … ヘッドアンプ回路  
1 3 0 … VCM/SPM ドライバ  
4 0 0 … 基台

9

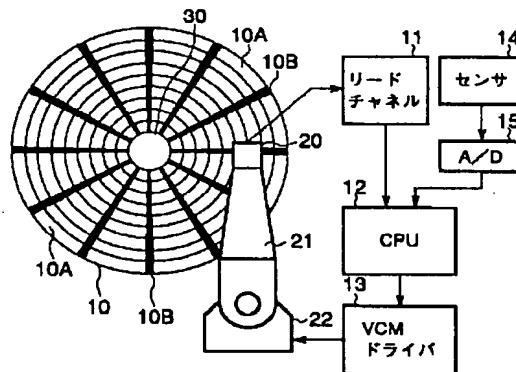
【図 1】



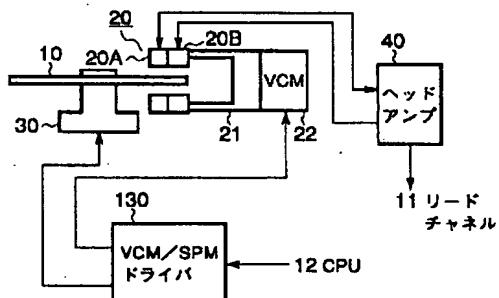
【図 4】



【図 2】



【図 3】



【図 5】

